

5分でマスター 実践肺聴診



長坂行雄 著（洛和会音羽病院 洛和会京都呼吸器センター顧問）

本コンテンツはハイブリッド版です。PDF だけでなくスマホ等でも読みやすい HTML 版も併せてご利用いただけます。

▶HTML 版のご利用に当たっては、PDF データダウンロード後に弊社よりメールにてお知らせするシリアルナンバーが必要です。

▶シリアルナンバー付きのメールはご購入から 3 営業日以内にお送り致します。

▶弊社サイトでの無料会員登録後、シリアルナンバーを入力することで HTML 版をご利用いただけます。登録手続きの詳細は <https://www.jmedj.co.jp/page/resistration01/> をご参照ください。

▶登録手続

1. 聴診に自信をもつには ————— p2
2. 聴診器の構造と働き ————— p2
3. 肺聴診の用語 ————— p3
4. 肺聴診の具体的方法 ————— p5
5. 呼吸音はどのようにして発生するのか？ ————— p7
6. 正常呼吸音 ————— p8
7. 副雑音 ————— p12
8. まとめ ————— p22

▶HTML 版を読む

日本医事新報社では、Web オリジナルコンテンツ
を制作・販売しています。

▶Webコンテンツ一覧

1. 聴診に自信をもつには

聴診に絶対必要な聴診器は医師のシンボルと認知されているが、実際には聴診に自信をもっている医師は多くない……と思う。理由の1つは聴診のしかたを習っていないこと、もう1つは、実際に聴こえる音が聴診の用語と結びついていないことである。ただ患者に聴診器を当てるだけでは十分な聴診所見は得られない。聴診にはコツがあり、それは音の発生メカニズムで理解できる。聴診の用語については最近よく整理されているので、参考になる。また、実際に音を聴き解析波形も見ると理解しやすい。ヒューヒュー言っているから wheeze, パリパリは crackle というカルテから一歩進み、聴診からの豊富な情報を活用してもらいたい¹⁾。

2. 聴診器の構造と働き

よく使われている聴診器は、リットマン型とそのシングルヘッド型である。

リットマン型のチェストピースは膜面とベル面で切り替えできる。耳に当てるイヤーピースのバネの部分でビノーラルと呼ぶ。チェストピースとイヤーピースの間を結ぶのがチューブである (図1)。

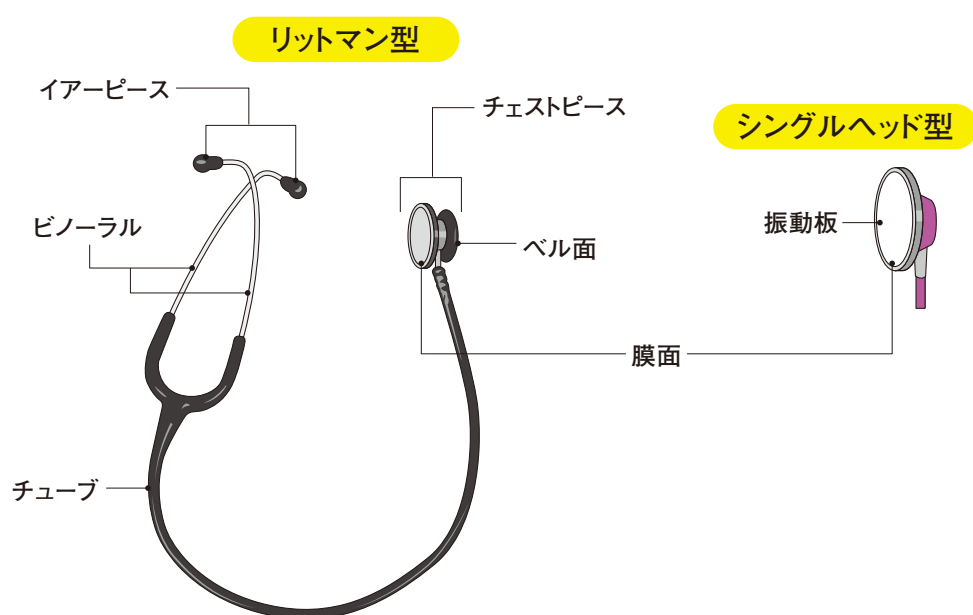


図1 聴診器の各名称

イアーピースの角度は特に大事で、ビノーラルをねじってピッタリと合うように調整する。ビノーラルのねじりは少し固めで白衣のポケットに入れても動かないものがよい。イアーチップはいろいろ試してフィット感のよいものを選ぶ。軟らかめのイアーチップは外部音を遮断して着け心地もいいが、外れて落ちやすいので予備が必要になる。

肺聴診では心音よりも高調（周波数＝ピッチが高い）な音を聴くので、チェストピースは主に高い音を伝えやすい膜面を使う。膜面でも当て方がゆるいと高調な呼吸音が聴こえにくいので少し強く押さえる。聴診器の当て方がゆるいと膜と皮膚とのこすれ音も出やすい。

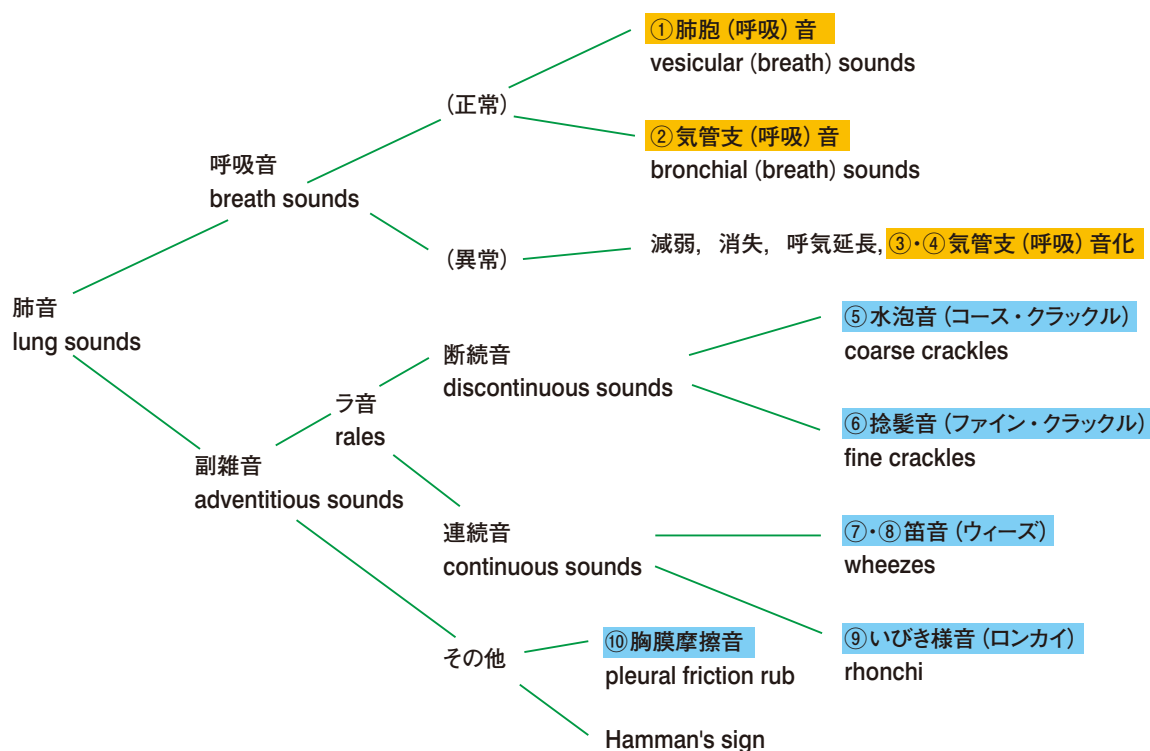
ベル面は主に心音のⅢ音、Ⅳ音などの低調（周波数が低い）音の聴診で使う。しかし、膜面を使った肺の聴診で、こすれ音かクラックルか紛らわしいときにはベル面をしっかりと胸壁に当てるとこすれ音は消える。最近の優秀な聴診器では、膜面も高性能でノイズも減っている。

膜面だけのシングルヘッド型が普及してきている。ICUや高齢者など寝たままの聴診で背中の下に差し込みやすく、重症者や高齢者の聴診には便利である。

聴診器は心音が聴きやすいように100～200Hzくらいまでの音が聴きやすい設計のことが多い。肺音の聴診には300～500Hzくらいがよく伝わる聴診器が適しているが、かなりの部分は聴診器の使い方でカバーできる²⁾。

3. 肺聴診の用語 (図2)³⁾

呼吸で聴こえる音全体を肺音 (lung sounds) と呼ぶ。その中で正常の呼吸で聴こえる音を呼吸音 (breath sounds)、それ以外の音を副雑音 (adventitious sounds) と呼ぶ。



聴き比べてみよう！

● 呼吸音

① 肺泡音



② 気管支音



③ 気管支音化 (喘息)



④ 気管支音化 (間質性肺炎)



※③では少し呼気の短いロンカイが入り，④では吸気のクラックルのあとで大きな呼気音がはっきり聴こえる。

● 副雑音

⑤ コース・クラックル



⑥ ファイン・クラックル



⑦ モノフォニック・ウィーズ



⑧ ポリフォニック・ウィーズ



⑨ ロンカイ



⑩ 胸膜摩擦音



図2 肺音の分布

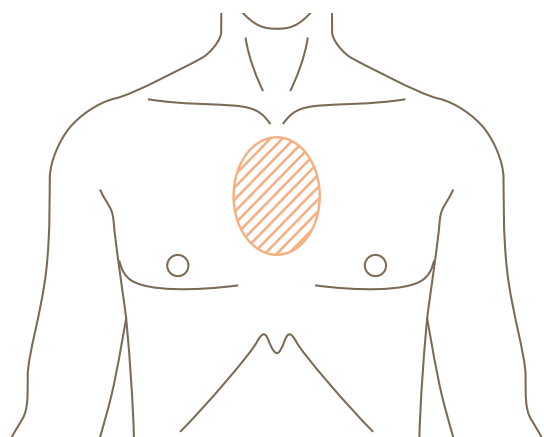
英語表記は単複の使い分けがわかりにくい。ラ音はカタカナ表記がよい。

(文献3より作成)

呼吸音には正常呼吸音とも呼ばれる「肺泡 (呼吸) 音」[vesicular (breath) sounds]^{注1)}と「気管支 (呼吸) 音」[bronchial (breath) sounds]^{注2)}がある。

注1: 正式には肺泡呼吸音，vesicular breath soundsだが，肺泡音，vesicular soundsでもよい。本稿では肺泡音と表記する。肺の表面に相当する胸壁で広範囲に聴かれる。

注2：正式には気管支呼吸音，bronchial breath soundsだが，気管支音，bronchial soundsでもよい。本稿では気管支音と表記する。主に縦隔の上に当たる部分で聴かれる（図3）。



**図3 気管支音の聴こえる部位
（中央の斜線部分）**

縦隔の上部に相当する。背部では左右肩甲骨の間の部分で聴かれる。

副雑音には，肺から発生するラ音 (rales) と胸膜，心膜から発生する「それ以外の副雑音」がある。ラ音は断続音をクラックル，連続音をウィーズ，ロンカイと呼ぶ。英語ではウィーズはwheezes，クラックルはcracklesなど複数形で表記されることが多い。ピッチの低いウィーズをロンカイrhonchiと呼ぶがこれは複数形で，単数形はrhonchusである。

単複の使い分けは難しいこともあり，肺音（呼吸音）研究会ではラ音のカタカナ表記を推奨している⁴⁾。カタカナ表記はコメディカルとの情報共有もしやすい。聴診の講習会では医師よりもナース，理学療法士の参加が多く，熱心に聴講している。彼らは，ケアしている患者が発熱したときに肺炎ではないか，動かしてもよいのか，排痰，体位ドレナージなどの体位をどうするか，などを胸部X線のオーダーなしで考えており，素晴らしい聴診スキルをもっている。患者情報が豊富なコメディカルとの情報共有は医師にとっても大きなメリットがある。

4. 肺聴診の具体的方法

1 肺聴診の部位

正常呼吸音は左右対称に，同じように聴こえる。左右を交互に比べながら聴いていく。通常は前胸部で4箇所，後ろ胸部でも4箇所を聴く（図4）。

病変が予測できる部位があれば、さらに何箇所か聴く。

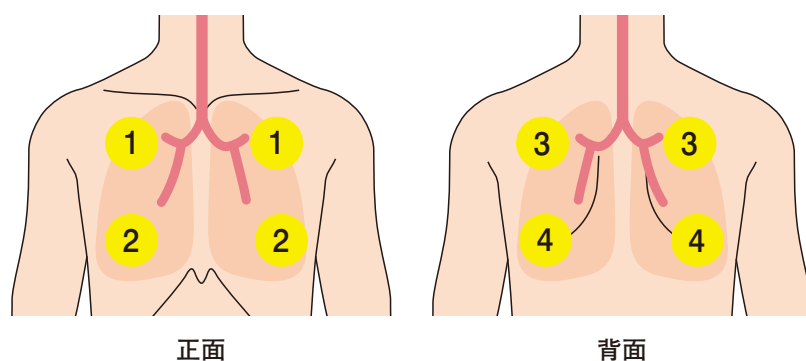


図4 聴診部位

肺音は左右対称に、前胸部で4箇所、後ろ胸部で4箇所を聴く。単に順番に聴くのではなく、それぞれの部位での聴診ポイントを意識する。

2 肺聴診の順番

- ①前胸部，両側の鎖骨下(図4①)：喘息でよくランブルの聴かれる部位である。わずかな音のことが多いので，大きな息をさせて慎重に聴く。
- ②前胸部下部(図4②)：中葉舌区に当たる部位で，風邪や花粉症などで鼻炎があるとランブルが聴こえる。
- ③背部上部(図4③)：肩甲骨があって聴きにくく，肺尖部は換気も少ないのであまり所見はない。肩甲骨の内側は念のために聴いておく。
- ④肺底部(図4④)：思ったよりも低い位置である。間質性肺炎ではファイン・クラックルが聴かれる。ファイン・クラックルが聴診器何個分の幅(1個は約5cm)まで聴かれるか，を記録しておくで経過の判定に役立つ。特に肥満者や，同じ姿勢でしばらく座っていた人たちでは吸気最初にクラックルがよく聴かれる。咳や深呼吸の繰り返しで消失すれば，病的意義はない。腹部からの圧迫で一時的に無気肺に近い状態になっていると言える。

上述した聴診部位以外に，問診や患者の様子から，聴き落としてはならない音を予測する。聴こえるはずの音の部位とタイミング(吸気か呼気か，さらに大きい呼吸が必要か)を予測しておかないと聴き落としてしまうので注意しよう。

5. 呼吸音はどのようにして発生するのか？

肺のほとんどの部分で聴かれる正常呼吸音を肺胞音と呼ぶ。昔は肺胞から発生すると思われていたが、実際は直径0.2～0.25mmほどの微小な気腔でスポンジのような組織である。肺胞への空気の入りはスポンジを膨らませたり縮めたりするのと同じで音は発生しない。実際の呼吸音は肺胞音も含めて気道内の乱流によって発生する。乱流は、流れの性状を表すレイノルズ数^{注3)}が2000以上になると発生し、その振動で音が出る。

注3：流れを特徴づける数。小さい間は層流。臨界レイノルズ数(2000以上)を超えると乱流になる。

レイノルズ数＝管の長さ×気流の速度／空気の動粘度

動粘度：粘性係数／密度

正常換気の状態(1回換気量500mL、毎分15回)でレイノルズ数が2000を超えるのは気管だけである⁵⁾。つまり安静換気での呼吸音の音源は気管しかない(表1)。自分に聴診器を当てても静かに息をしていると胸壁では呼吸音は聴こえないが、前頸部、気管の上では聴こえる(気管音)。このことから世羅らによるレイノルズ数の確かさを実感できる。

表1 安静換気時のレイノルズ数

分岐の世代	Re
気管	2325
主気管支	1719
葉気管支	1281
区域気管支	921
亜区域気管支	594
亜亜区域気管支	369

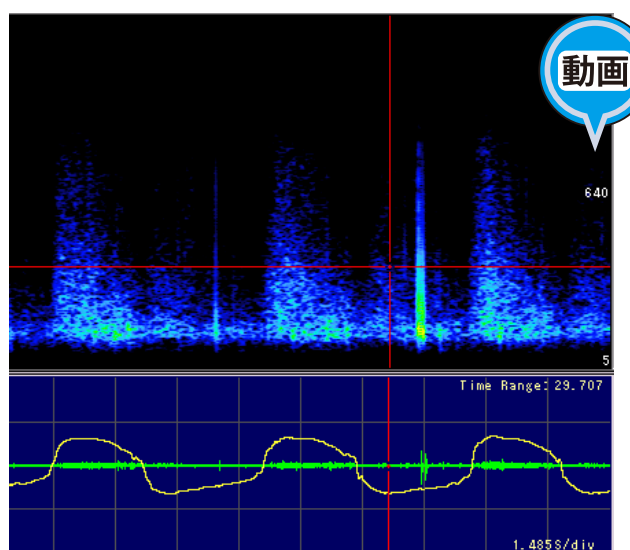
少し大きな息をすると気流の速さは簡単に2～3倍になってレイノルズ数は上がり、主気管支だけでなく葉気管支以下からも音が発生する。呼吸音は少し大きな息をしないと発生しないので聴こえない。
(文献5より作成)

レイノルズ数を構成する要素を見ると、呼吸をしても気管支の長さはほぼ一定で空気の動粘度も変わらない。呼吸で大きく変化するのは気流速度だけである。大きな息では気流速度が早くなってレイノルズ数も上がり、呼吸音が聴こえやすくなる。喘息などによる気管支狭窄（攣縮）では換気量は同じでも気道断面積が小さくなるので、流量が一定であれば気流が早くなってレイノルズ数が上がり、呼吸音は大きく聴こえやすくなる。気管、気管支内で発生した乱流による雑音は肺組織を伝播して胸壁に伝わり呼吸音として聴かれる。肺胞組織はスポンジのような構造だが、比較的到低い音は伝えやすい（low pass filter）。胸壁で聴かれる正常呼吸音（肺胞音）はおよそ500Hzまでのザーという感じに聴こえる白色雑音である^{注4)6)}。

注4：500Hzと言うと高い音の印象はないが、心音は100Hz程度である。このため肺の聴診では心音よりもしっかりと聴診器を押さえないと聴こえにくい。皮膚に接する膜がゆるいと高音が伝わりにくいからである。人気のある聴診器の多くは、心音は聴きやすいが、高音はむしろ伝わりにくいので使い方にも工夫がいる。

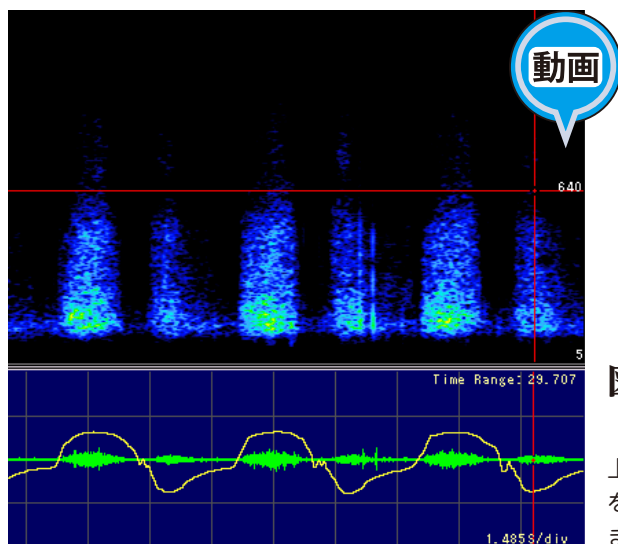
6. 正常呼吸音

胸部のほとんどの部分で聴こえるのが肺胞音（**図5**）、気管から気管分岐部に近い縦隔の上で聴こえるのが気管支音（**図6**）である。



**図5 肺胞音のサウンド
スペクトログラム**

横軸が時間で6秒間。上段の縦軸が周波数で1280Hzまで。音の強さは明るさで示す。下段は換気曲線で緑の線よりも上が吸気、下が呼気流速を示す。この肺胞音では吸気の音が呼気よりも強く500Hz前後まで分布する。呼気はその半分くらいの高さで250Hz程度まで認められる。



**図6 気管支音のサウンド
スペクトログラム**

上段が肺音で、呼気も吸気と同じくらいの山を示す。少し明るい山の吸気は500Hz前後まで、呼気も450Hz程度まで認められる。

1 肺胞音

肺胞音では、呼気の音は吸気の音よりも小さく聴こえにくい。一方、気管支音は全体に肺胞音よりも大きな音で、吸気の音だけでなく呼気もしっかり聴こえる。この違いがなぜできるのかを以下にまとめた。

- ① **気管支音**：呼吸音は比較的に太い気管支で発生するので発生部位に近い縦隔の上で大きく聴こえる
- ② **肺胞音**：縦隔から離れた胸壁の上では肺を通して呼吸音が伝播する。距離が遠くなるのと、肺胞という low pass filter が介在する分、音が全体に減弱する
- ③ **肺胞音で呼気の音が小さい理由①**：吸気では、気流が2分岐の気管支に次々と当たって乱流が多く発生する。このため吸気の音は呼気よりも大きい
- ④ **肺胞音で呼気の音が小さい理由②**：吸気で発生する音は胸壁に向かい、呼気で発生する音は胸壁から遠ざかる。近づく音は大きく聴こえ、遠ざかる音は小さくなる

繰り返しになるが、気管に近い胸壁の真ん中辺りで聴かれる音は少し大きな音で呼気もしっかり聴こえる気管支音である。縦隔から離れた胸壁の大部分で聴かれる音は呼気が弱い肺胞音である。肺胞音も気管支音も音源

は同じだが、聴診部位までの経路と空気の流れによって少し違って聴こえる⁷⁾。

2 気管支音

気管支音は気管と主気管支に近い部位で聴かれる比較的に大きな音である。呼吸音全体が大きいので、吸気音のほうが強いのだが呼気音もはっきり聴こえる。この呼気もはっきり聴こえる点が肺泡音との聴き分けポイントで、吸気音との強さの比較ではない。

前項でも解説したように、気管に近い縦隔に相当する胸壁では、音源、特に気管および主気管支が近いので吸気も呼気も大きな音になる。また音源である気管との間に肺組織がないのでlow pass filter効果を受けない。呼気をはっきり聴こえる理由のもう1つは、空気が聴診器の下を往復するだけで遠ざかり効果が少ないためでもある(図7)⁷⁾。

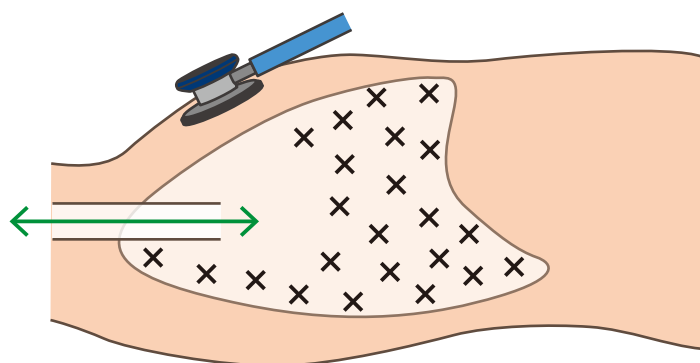


図7 気管支音の聴こえるメカニズム

縦隔の上の辺りでは、気流(緑の \leftrightarrow)は吸気も呼気も聴診器の前を往復する。遠ざかる、近づくの影響は小さい。さらに気管の前(上方)には肺組織がなく音の減弱も少ない。

3 気管支音化

気管支音化とは、本来は肺泡音が聴こえる部位で呼吸音(吸気音と呼気音)が大きく、したがって呼気音もはっきり聴こえることを言う。つまり、気管支音化で聴こえる音は、上に述べた気管支音と同じである。呼気の強さは、左右を聴き比べるとわかりやすい。

また、気管支音化の原因は、①気管支が狭くなる（音源の音が大きくなる）、②肺が固くなる（音が伝わりやすくなる）、のいずれかである。

中枢気道から離れている肺底部の場合は本来、肺胞音が聴こえるはずだが、ここでも呼気がはっきり聴こえれば気管支音化である。ほぼ健常な肥満者でも肺底部で気管支音化することがある。肺が腹部から押されて縮み、含水量が増えるためだと考えられる（原因②肺が固くなる）。この場合は、まったく無症状であれば問題ないが、息切れや咳嗽、喀痰などがあれば肺野病変の可能性がある。胸部X線では肺底部の間質病変か単なる肥満によるものかの判断ができないので、胸部CTで確認する。

(1) 気道の狭窄による気管支音化

狭くなった気道では気流が速く（レイノルズ数が上がる）なって乱流が多く発生する。このため呼吸音（呼気＋吸気）が大きくなって気管支音化^{注5)}する。気管支喘息ではウィーズが出る前の軽い気道狭窄で気管支音化する。さらに狭窄が強まればウィーズになる。気管支音化している部位は比較的広範囲で経時的に、また治療前後でも変わる。喘息の気管支音化での呼気音の強さは気道炎症の強さを表す^{8) 9)}。

注5：呼吸音が大きくなると、450Hzくらいまでの吸気音が500Hzまでと大きくなるだけでなく、普通は250Hz程度で聴こえにくい呼気も450Hzくらいの聴こえやすい大きな音（肺胞音の吸気と同じ）になる。このため「呼気がはっきり聴こえる」気管支音化となる。

ウィーズは喘息以外でも聴こえる。発生メカニズムが似ている気管支音化も腫瘍や気管支結核、異物などによる気道の固定性狭窄でも認められる。同じ部位で何日も気管支音化しているときは固定性狭窄を疑う。狭窄が進むと狭窄部位の形状によってはウィーズが聴かれる。さらに狭窄が高度になると気流の流速が低下（レイノルズ数＜2000）して乱流が発生しなくなり呼吸音は消失する。呼吸音が消失してもレイノルズ数が2000を超えない程度の気流が保たれていれば無気肺にはならない＝「呼吸音は聴こえないが、胸部X線では無気肺がない」状態になる。気道狭窄の変化は胸部X線

ではとらえられないことも多い(胸部CTで確認できる)。この場合、聴診が気道狭窄の程度を瞬時に示す最も簡単かつ有用な診療手段になる。

(2) 肺が固くなることによる気管支音化

肺が固くなると発生した呼吸音が伝わりやすくなり、胸壁で聴こえる呼吸音が大きくなる。これも気管支音化で、代表的な疾患は間質性肺炎である。間質性肺炎では、気管支音化している範囲とクラックルが聴かれる範囲は重なることも多いが、いずれかだけのこともしばしばあるのはなぜだろう。

気管支音化もクラックルも肺が固くなることによって発生する。クラックルは固さだけでなく部分的な気腔の虚脱によって発生するが、気管支音化は肺全体の固さによる。それぞれの音の発生するメカニズムが違うので、これを知れば治療管理に役立つ。おおまかに言えば、気管支音化だけの部分は肺泡間質の肥厚などはあっても比較的に炎症が落ち着いている。クラックルがある部分は蜂窩肺が既にあるか、やや活発な炎症があるのでは、と考えられる。細菌性肺炎でも気管支音化するが比較的に範囲が限られているので呼気の違いに注目する気管支音化はわかりにくい。それよりもクラックルのほうがわかりやすく、これから述べる聴診上の注意にさえ気を付ければ、非常に有用な所見である。

7. 副雑音

1 クラックル(crackles)

クラックルは、パチパチ、バリバリと表現される断続性ラ音である¹⁰⁾。聴き落としなどありえない印象があるが、実際は肺炎でも間質性肺炎でも軽症、中等症の患者では意外に聴き落としやすい。それは音の発生メカニズムを知れば明らかである。

クラックルは気道、気腔の急激な解放で発生する。急激な開放(時には虚脱)によって気道、気腔壁が振動する音である。固い拡大した気腔が呼

気で虚脱し、吸気で一気に開放するとクラックルが発生する。これには固くコンプライアンスの低い病変部分も広がるような大きな吸気をする必要がある。小さな吸気では健常肺（コンプライアンスが高い）のみが広がるだけで吸気が終わる。

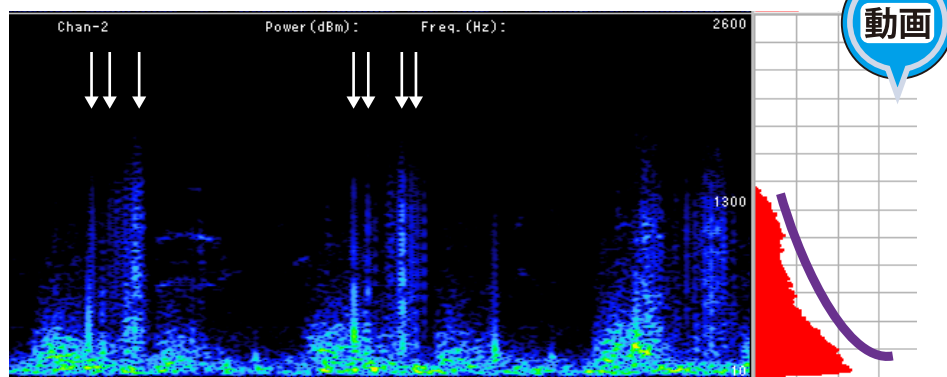
肺炎や間質性肺炎でも、軽症患者では肺の健常部分だけの換気で必要なガス化（酸素の取り込み、CO₂の排出）ができる。呼吸は無意識の運動であるが、健常部分の換気で間に合うときに固くて広がりにくい気腔（蜂窩肺や肺炎で浸潤影のある部分）が膨らむほどの換気はしない。

安静時にはクラックルが発生するような効率の悪い肺病変は、使わない呼吸を無意識にしている。クラックルを聴き落とさないためには、必ず「大きく息を吸って下さい」と声掛けをする。これでコンプライアンスの低い病変部分の気腔も広がる。固い気腔の開放は吸気速度には依存しない。早くても深く吸気しなければクラックルは発生しない。

クラックルは健常者でもしばらく座っていたり、寝たりした後で大きく息を吸うと肺底部で聴こえるが数回の深呼吸や咳で消失する。健常者でも肺底部では肺の重み、水分含量が増えることで気腔が虚脱するためだが病的ではない。咳をしても消えないクラックルは病的で画像などによる精査が必要である。

クラックルはよく揃った細かい音のファイン・クラックル (fine crackles, 小水疱音) と粗い感じのコース・クラックル (coarse crackles, 大水疱音) に分けられる (図8)。

コース・クラックル



ファイン・クラックル

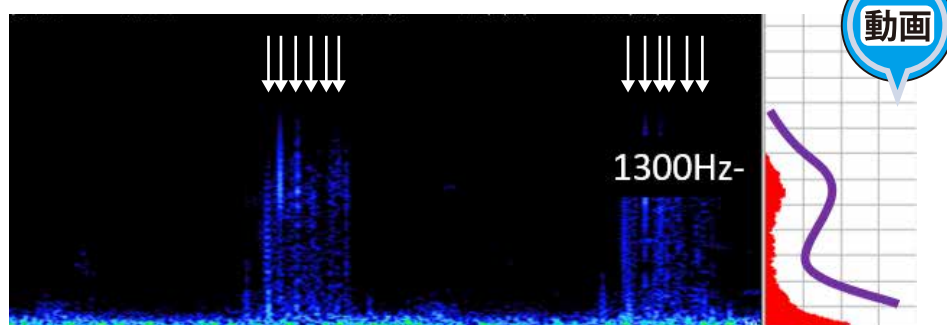


図8 コース・クラックルとファイン・クラックルのサウンドスペクトログラム

肺炎で聴かれたコース・クラックルと間質性肺炎で聴かれたファイン・クラックル。破裂音が縦の青い線(↓)として認められる。コース・クラックルはやや不規則、ファイン・クラックルは等間隔で揃った線が並ぶ。右端が10秒間で記録された音の周波数とパワーの関係を示す。コース・クラックルは低音になるほどパワーが強くなる逆J型の分布、ファイン・クラックルは1000Hzくらいにピークをもつ逆S字型の分布を示す。ファイン・クラックルがやや高くパリパリと表現されるのはこの1000Hzくらいの強い音域による。

ファイン・クラックルは間質性肺炎、コース・クラックルは肺水腫と細菌性肺炎でよく聴かれる代表的な副雑音である。しかし、コース・クラックルが聴かれる細菌性肺炎でも治癒過程になると音の質もタイミングもファイン・クラックルと近くなる。ファイン・クラックルが聴かれる間質性肺炎でも安定期には典型的なファイン・クラックルでも、急性増悪ではコース・クラックルのような音質とタイミングになる。

典型的なファイン・クラックルとコース・クラックルの聴き分けは容易だが、どちらとも決められない場合も多い。典型的だと確信できなければ単にクラックルと記載する。肺炎だからコース・クラックル、間質性肺炎だからファイン・クラックルとすれば聴いた音よりも疾患名に引きずられた聴診所見になる。

記録がコース・クラックルからクラックル(ファイン・クラックルに聴こえる, でもよい)に変われば, 肺炎であれば急性期は脱してきたとわかる。聴いた音を正確に表現できるようしたい。肺音から得られる情報は単に疾患名を想起させるのではなく, リアルタイムで病態を示している。

(1) ファイン・クラックル (fine crackles)

ファイン・クラックルはパチパチ, パリパリと表現される比較的揃ったピッチの高い音である。耳元で髪をひねったときの音に似ているので捻髪音, あるいはマジックテープをはがす音に似ているので, ベルクロラ音(ベルクロはマジックテープを開発した最大メーカー)とも呼ばれていた。吸気の半ばから後半に多く聴かれ, 比較的揃った音になる。これは間質病変で固くなり, 呼気によって虚脱した気腔が吸気で陰圧が大きくなって順番に(軟らかい=コンプライアンスの高い順)開いていくためと考えられる。

ファイン・クラックルは, 蜂窩肺のように末梢気腔が拡大し肺胞壁が肥厚した肺が急に広がって発生する(図9)⁸⁾。ところが蜂窩肺がない間質性肺炎でもファイン・クラックルは聴かれる。間質性肺炎では蜂窩肺がなくても肺胞壁が肥厚し, 重量や水分含量が増えるので呼気時に気腔が虚脱しやすい(重力効果)。これが急に開放してクラックルが発生する。ファイン・クラックルは特に体位の影響を受けやすい。肺の位置が心臓よりも低いと, これも重力効果でクラックル音が大きくなる¹¹⁾。

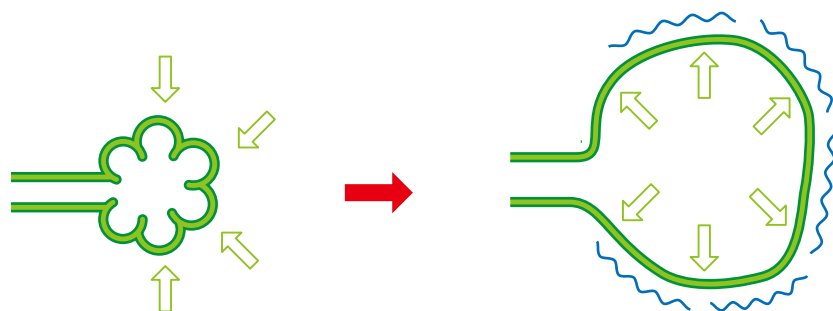


図9 ファイン・クラックルの発生メカニズム

虚脱していた末梢の気腔(図左: 蜂窩肺の部分でもそれ以外の含気の乏しい部分でもよい)が吸気で一定以上の陰圧になると一気に開いて(図右)破裂音様の音が出る。

間質性肺炎では病勢, 自覚症状の変化と肺音, クラックルの変化はほぼ

同時に起こる。音質の変化とともに、特にクラックルの聴こえる範囲の広がりがよく病態を反映する。肺音は酸素飽和度やCTなどの画像、肺機能よりも変化が早く自覚症状を裏付ける重要な所見である。ファイン・クラックルは体位と吸気量に依存するので、できる限り同じような体位（聴診部位と心臓との位置関係）と同じような深さの呼吸で聴診する。次に述べる細菌性肺炎でも治癒過程ではコース・クラックルからファイン・クラックルのような音質とタイミングに変化し、やがて消失する¹²⁾。肺胞を埋めていた浸出液や気道分泌物が減って肺胞隔壁周囲の炎症だけが残る、と考えれば形態的には間質性肺炎と違いはない。このクラックル音の変化も病変の時間経過を考えれば理解できる。

(2) コース・クラックル (coarse crackles)

コース・クラックルは気管支を閉塞していた分泌物の膜が主に吸気、時には呼気で急激に破れて出る破裂音である。気道の急激な解放のタイミングと解放時に発生する音は、痰の粘りや固さによって変化する。気道内に液体（ゲル）を入れた実験では粘度が高いほどクラックル音は高調になり数は少なく、小さな音になる。また、気道からも発生するため、ファイン・クラックルと比べると吸気の早いタイミングで出始める。コース・クラックルは肺胞領域でも浸出液で虚脱していた気腔が急に広がることによって発生する。また肺炎では間質性肺炎のように一様な病変ではなく浸出液も多いので、クラックル音も不揃いで粗い感じになる。

このようにコース・クラックルはバリバリと表現される不揃いな粗い感じの音で、吸気の比較的に早期から聴こえる。気管支拡張症では喀痰量の多いウエットタイプで聴かれることがある。間質性肺炎でも急性増悪になると広範にコース・クラックルと表現したほうがよい音が聴かれる。これも肺胞の炎症がひどくなり気腔内の浸出液もある、と考えればコース・クラックルに近いメカニズムで似たような音が出る、と理解できる。

2 ウィーズとロンカイ (wheezes, rhonchi)

ウィーズもロンカイも笛音とも呼ばれヒューのように表現される楽音^{注6}様の連続音である。気道の狭窄により気管支内の気流が一定速度以上になったときに渦流(渦巻き流)が発生し、気道壁が規則正しく振動して音が出る。呼気だけでなく吸気にも聴かれる。音のピッチ(周波数)が200Hz以下はロンカイ、300Hz以上はウィーズと呼ぶが、聴診した感じでは単音(澄んだ音)であれば200Hzを超えれば高い音に聴こえ、講習会でもウィーズと判断されることが多い。喘息の代表的な副雑音だが、喘息以外でも聴かれるので注意する。ウィーズは、音源が1箇所ならモノフォニック・ウィーズ(図10)、複数ならポリフォニック・ウィーズ(図11)になる。

注6: musical sound, 規則正しい振動の正弦波を示す。単音では澄んだ笛を吹いたような音になる。

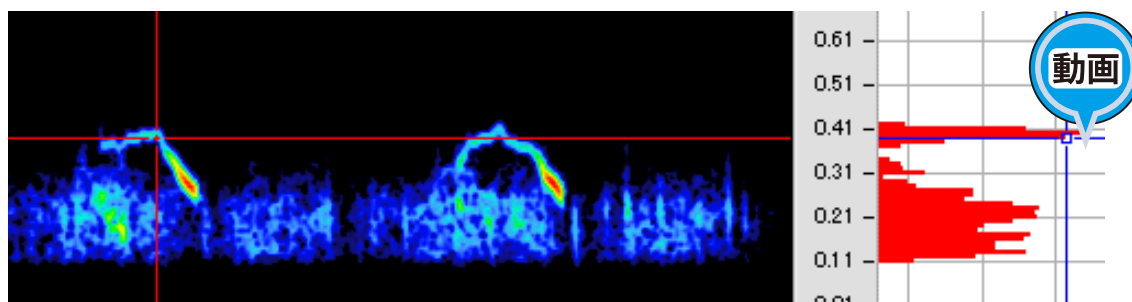


図10 モノフォニック・ウィーズのサウンドスペクトログラム

モノフォニック・ウィーズは1本の笛を吹いたような音で音源は1つである。サウンドスペクトログラムで見ると1本の曲線に見える。一般に呼気のウィーズの多くは比較的中枢、吸気のウィーズは比較的に末梢の気道狭窄を示す。

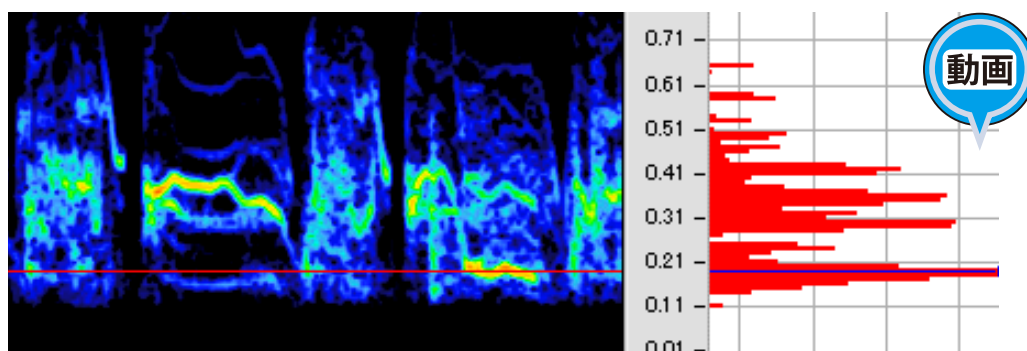


図11 ポリフォニック・ウィーズのサウンドスペクトログラム

気管支の狭窄では原因にかかわらず換気に時間を要する(時定数^{注7}が長い)。このため浅い吸気では狭窄部位が換気されないうち、つまりウィー

ズやロンカイが発生しないうちに吸気や呼気が終わってしまう。そのため、大きく吸気させ、さらに呼出させて聴かなければならない。またウィーズ、ロンカイともゆっくりした呼吸では渦流が発生しないので、早い吸気、呼気をしっかりさせながら聴く。

注7：時定数 (time constant: TC), 気腔の空気が入れ替わるのに要する時間

$$TC = R \times C$$

Rは気道抵抗, Cはコンプライアンスで求められる。

(1) 気道狭窄の原因

ウィーズやロンカイの原因となる気道の狭窄は、①気道分泌物 (図12)、②気道攣縮 (図13)、③異物や腫瘍 (図14) のいずれかによる。

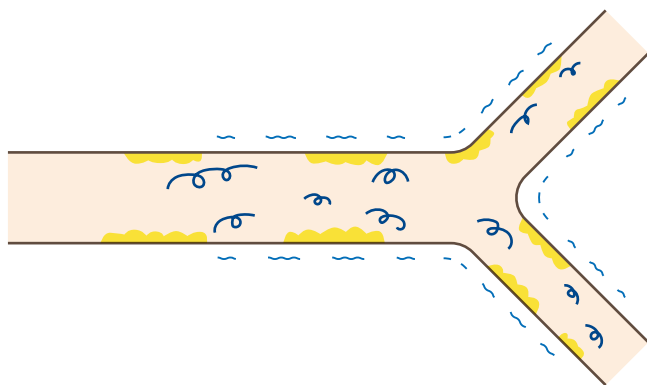


図12 気道分泌物

気管支内に軟らかい分泌物(淡黄色)があると、気流が不規則な乱流をつくって気道壁を振動させる。聴くと低調(50~100Hz程度)なゴロゴロ音である。強弱はあるが途切れないので連続性ラ音に分類される。低調な連続性ラ音なのだが、ロンカイのような渦流で発生する楽音ではない。ランブル(rumbling rhonchi)と呼ぶように提案し、国際肺音学会でも了承を得ている。

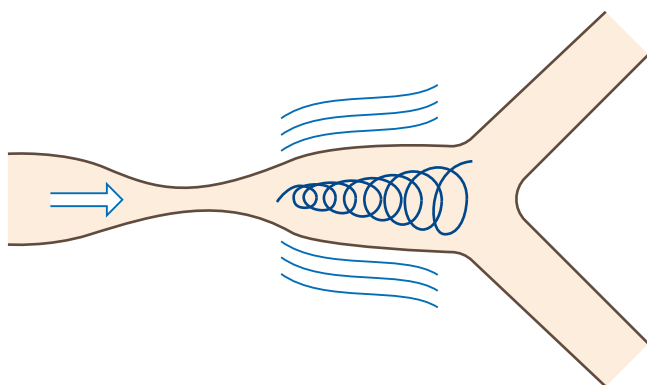


図13 気道攣縮

気道攣縮部位で渦流が発生(口笛の口すぼめと同じ)して、気管支壁を一定周囲で反復して振動させることによって楽音のウィーズが発生する。

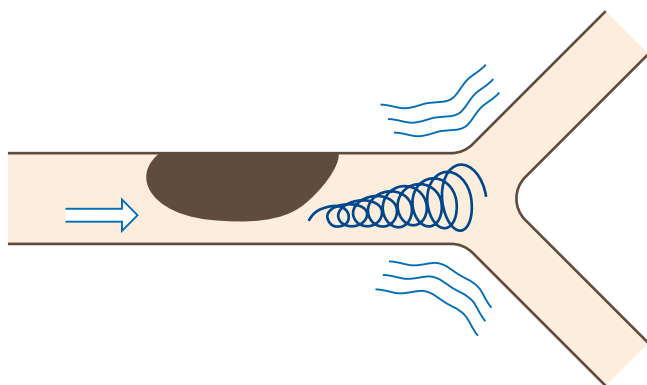


図14 異物や腫瘍

気道内異物や腫瘍でも狭窄の部位と程度によって渦流が発生し、気管支壁を規則的に振動させる。これで楽音であるウィーズが発生する。ウィーズは気流速度が低いと発生しないのは気管支喘息の気道攣縮と同じである。

①気道分泌物

気道分泌物が気管支内に貯留して内腔が狭くなる。分泌物が硬く気流による変形が少なければ渦流が発生してウィーズあるいはロンカイになる。固い気道分泌物は気道内に占める面積が減る（水分が少ないとボリュームも減る）ためか、気道狭窄の程度が軽く、ピッチが低いロンカイを発生しやすい。痰が軟らかいときは狭窄の程度が呼吸中にも絶えず変化していく。つまり渦流が発生しにくくなるので楽音にならず、後述するランブル（低いゴロゴロ音）（図12）となる。気道分泌物によるウィーズ，ロンカイ吸気，呼気いずれでも聴かれ，部分的に時定数も長くなるので，吸気，呼気とも後半から終末で聴かれることが多い。

②気道攣縮

気道攣縮によるウィーズは喘息，COPDの急性増悪で聴かれる。気管支炎でも喘息様の発作で聴かれることがある。気道攣縮では気道が狭くなって渦流が発生すると気管支壁が周期的に振動（fluttering）し，ウィーズ，ロンカイとなる。狭窄の程度が弱ければロンカイ，強ければウィーズが聴かれる。

③気管腫瘍

気管腫瘍でも気管断面積の80%以上の狭窄で，ウィーズ様の音が発生す

る¹³⁾。胸腔内の腫瘍では、呼気時に胸腔内圧が高くなるので気道が圧迫されて、さらに狭窄してウィーズが発生する。呼吸運動での変形が少ないのでピッチの変化も少ない。音源は1箇所なのでモノフォニック・ウィーズになる。

(2) モノフォニック・ウィーズ (monophonic wheezes)

モノフォニック・ウィーズは1本の笛を吹いたような音で、音源は1つである。サウンドスペクトログラムで見ると1本の曲線に見える(図10)。一般に呼気のウィーズの多くは比較的中枢、吸気のウィーズは比較的に末梢の気道狭窄を示す¹⁴⁾。

ただし、吸気に喉元に近い部分でウィーズのような大きな音を聴いたら、ストライダー (stridor) と呼ばれる中枢気道狭窄の可能性が高く、特に狭窄部位が胸腔外(喉から気管の入り口近く)にあると考えられる。

喘息では気道狭窄部位(チョーク・ポイント)が呼吸の間に変化してピッチが変動する。喘息のモノフォニック・ウィーズはサウンドスペクトログラムで見ると図10のようにウィーズの線が1本で上下に変動するのが特徴である。比較的に軽微な気道攣縮を示し、気管支拡張薬で簡単に消えることが多い。

(3) ポリフォニック・ウィーズ (polyphonic wheezes)

ポリフォニック・ウィーズはギュ〜のような濁った音である。複数のチョーク・ポイントがあり、同時にウィーズが出ている。サウンドスペクトログラムでは複数の線(ウィーズ)が重なっていることがわかる。モノフォニック・ウィーズと同様にピッチが変動するのが喘息の特徴である(図11)。もともと楽音であるウィーズが濁った音になるのは、不協和音になるからである。

比較的に重症の喘息発作、COPDの急性増悪で聴かれるが音の出るメカニズムは共通で複数個所でチョーク・ポイントが発生している。喘息発作がより重症になるほど濁った多音性のウィーズになる。また、ウィーズが

吸気，呼気の終末まで長引くほどより強い気道炎症がある。これは気道攣縮が強ければ時定数も長くなることで理解できる。

ポリフォニック・ウィーズはモノフォニック・ウィーズと異なり，喘息とCOPDの急性増悪のような喘息類似病態以外で聴かれることはほとんどない。

3 ランブル (rumbling rhonchi)

ランブル (rumble) は辞書では雷の音などのような低く重い連続音とされている。ゴロゴロ音と表現されることが多い。半世紀ほど前，まだリウマチ (リウマチ熱) 性の弁膜症が多かったころ，僧房弁狭窄症の代表的な心雑音として知られていた。最近ではほとんどみられない。肺音としてのランブルは低調な連続性ラ音で，ロンカイに近いが楽音ではない。気道分泌物が貯留しているときの音である¹⁵⁾ (図12)。50Hz前後のかなり低調な音なので大きい音のときは触診でもよくわかる。気道分泌物がある部位に手掌を当てるとゴロゴロ音が感知できる。

気道分泌物があると気流が乱れ，ゴロ-ゴロのように高さや強弱が，ある程度の規則性をもって繰り返される雑音が発生する。大半は遠くの雷のような小さい音である。この音はロンカイとも呼ばれることもあったが，ピッチの低いウィーズと区別できない。基本的にはウィーズは気管支拡張薬で改善するが，ランブルの場合は去痰を図る必要があるなど対応も異なるので同じ呼び方では診療上も問題がある。小児の上気道の分泌物のときに使うラトリング (rattling) を援用することもあるが，これは聴診器なしでも聴かれる大きな音である。気道分泌物貯留音の多くは低いかすかな音なのでランブルと呼んで区別する。

8. まとめ

肺の聴診のしかたはあまり教えられてこなかったが、聴診器の当て方、呼吸のさせ方で聴こえ方は大きく違ってくる。基本は心音よりもずっと高い音なので、①しっかり聴診器を当てる、②大きな息をさせないと正常呼吸音(肺胞音)すら聴こえない、③クラックルを聴くには大きな呼吸が必要、④ウィーズは強く呼出、吸気しないと発生しないことがある、にまとめられる。これらの注意点は音の発生メカニズムと伝わり方を知れば理解できる。ぜひ、実際に音を聴いて皆さまの診療、医療ケアに活かしてもらいたい。

【文献】

- 1) Murphy RLH:Respiratory Care. 2008;53(3):355-69.
- 2) Nakano H, et al:Proceedings of the 40th Annual Conference of the International Lung Sound Association. 2015, p50-5.
[http://www.ilsaus.com/pdf/40th_ILSA_2015.pdf]
- 3) 三上理一郎:肺の聴診に関する国際シンポジウム. 1985.
- 4) 工藤翔二, 監:聴いて見て考える肺の聴診. アトムス, 2014.
- 5) 世良俊博, 他:Med Imag Tech. 2002;20(6):654-9.
- 6) Nagasaka Y, et al:Respirology. 2006;11:a143.
- 7) 長坂行雄:一番最初に読みたいナースのための肺の聴診. 金芳堂, 2016.
- 8) Shimoda T, et al:J Allergy Clin Immunol Pract. 2014;2(6):727-32.
- 9) Nagasaka Y:Allergol Int. 2012;61(3):353-63.
- 10) Piirilä P, et al:Eur Respir J. 1995;8(12):2139-48.
- 11) 土谷美知子, 他:日臨生理会誌. 2015;45(3):113-9.
- 12) Piirilä P:Chest. 1992;102(1):176-83
- 13) Yonemaru M, et al:J Appl Physiol. 1985;75:605-12.
- 14) Spence DP, et al:Am J Resp Crit Care Med. 1996 (2 Pt 1);154:290-4.
- 15) Nagasaka Y, et al:Proceedings of 35th ILSA 2010, Toledo, Ohio.
[http://www.ilsaus.com/pdf/35th_ILSA_2010.pdf]